



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ **Patentschrift**
⑯ **DE 101 48 217 C 1**

⑯ Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/20
F 02 M 51/06

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Vertreter:

Dreiss, Fuhlendorf, Steinle & Becker, 70188
Stuttgart

⑯ Erfinder:

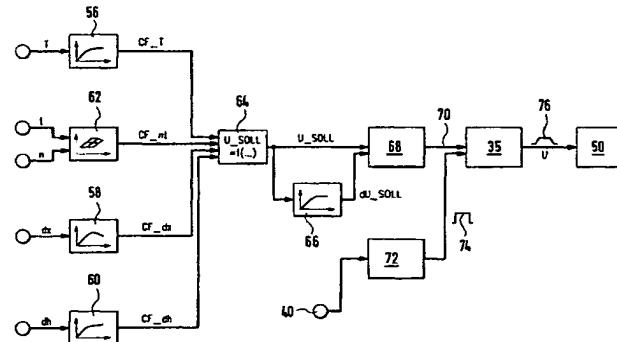
Joos, Klaus, 74399 Walheim, DE; Wolber, Jens,
70839 Gerlingen, DE; Frenz, Thomas, Dr., 86720
Nördlingen, DE; Amler, Markus, 71229 Leonberg,
DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 199 45 670 A1
DE 199 31 233 A1
DE 198 48 950 A1
DE 198 44 837 A1

⑯ Verfahren, Computerprogramm und Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine,
sowie Brennkraftmaschine

⑯ Bei einer Brennkraftmaschine gelangt der Kraftstoff
über eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche einen
Piezo-Aktor (50) umfasst, in den Brennraum der Brenn-
kraftmaschine. Um den Kraftstoff optimal einspritzen zu
können, wird vorgeschlagen, dass das Soll-Niveau (U
SOLL) der Ansteuerenergie (U) und/oder der Soll-Gradi-
ent (dU SOLL) der Ansteuerenergie (U), mit der der Piezo-
Aktor (50) zu einer Betätigung angesteuert wird, von
einer Mehrzahl von Einflussgrößen (T, t, n, dx, dh) abhän-
gen bzw. abhängt, welche das Betriebsverhalten des Piezo-
Aktors (50) beeinflussen.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem der Kraftstoff über eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche mit einem Piezoaktor ausgestattet ist, in einen Brennraum der Brennkraftmaschine gelangt.

[0002] Ein solches Verfahren ist aus der DE 198 44 837 A1 bekannt. In dieser ist ein Kraftstoffeinspritzventil gezeigt, dessen Ventilelement mit einem Piezoaktor verbunden ist. Wenn an dem Piezoaktor eine Spannung angelegt wird, erfährt dieser eine Längenänderung, die er auf das Ventilelement überträgt, dieses hebt somit von seinem Ventilsitz ab, so dass Kraftstoff unter hohem Druck aus dem Einspritzventil in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt werden kann.

[0003] Die DE 199 45 670 A1 beschreibt ein Verfahren zur Ansteuerung eines Piezoaktors eines Einspritzventils, bei dem die Ansteuerernergie vom Kraftstoffdruck abhängt. Die DE 199 31 233 A1 beschreibt analog hierzu ein Verfahren, bei dem die Ansteuerernergie von der Temperatur abhängt. Schließlich ist in der DE 198 44 837 A1 ein ähnliches Verfahren beschrieben, bei dem die Ansteuerernergie des Piezoaktors von seinem Alter abhängt.

[0004] Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass der Kraftstoff noch präziser eingespritzt werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Soll-Gradient der Ansteuerernergie, mit der der Piezoaktor zu einer Betätigung angesteuert wird, von einer Mehrzahl von Einflussgrößen abhängt bzw. abhängt, welche das Betriebsverhalten des Piezoaktors beeinflussen.

Vorteile der Erfindung

[0006] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Kraftstoffmenge, welche von einer Einspritzvorrichtung abgegeben wird, mit sehr hoher Präzision eingestellt werden. Dies wirkt sich einerseits günstig auf den Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine aus, führt andererseits aber auch zu einem besseren Emissionsverhalten einer solchermaßen betriebenen Brennkraftmaschine. Erfindungsgemäß wurde nämlich erkannt, dass für einen bestimmten Verlauf des Öffnungshubs zweier an sich identischer Piezoaktoren nicht unbedingt der gleiche Verlauf der Ansteuerernergie erforderlich ist. Stattdessen unterliegt das Betriebsverhalten eines Piezoaktors Einflussgrößen, die dazu führen, dass für einen bestimmten Verlauf der Öffnungsbewegung ein individueller Verlauf der Ansteuerernergie erforderlich ist. Dem wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Rechnung getragen.

[0007] Umfasst eine Brennkraftmaschine mehrere Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen mit mehreren Piezoaktoren, ist es möglich, den Verlauf der Ansteuerernergie individuell für jeden Piezoaktor vorzugeben, um den Einfluss individueller Einflussgrößen zu kompensieren. Handelt es sich jedoch um Einflussgrößen, die auf die ganze Gruppe von Piezoaktoren einwirken, kann auch eine Anpassung des Verlaufs der Ansteuerernergie für die Gruppe von Piezoaktoren durchgeführt werden.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0009] In einer ersten Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass die aktuellen Werte der Einflussgrößen zur Erzeugung eines korrigierten Soll-Gradienten für die Ansteuerernergie

verwendet werden. Unter dem Begriff "aktuell" wird hier verstanden, dass die Werte zeitnah zu der beabsichtigten Einspritzung durch die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung bestimmt bzw. erfasst werden. Auf diese Weise kann also auch 5 berücksichtigt werden, wenn sich die Einflussgrößen verändern. Die Präzision der Einspritzung wird durch diese Weiterbildung nochmals verbessert.

[0010] Dabei wird in besonders vorteilhafter Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgeschlagen, dass ein Norm-Gradient definiert wird, nach dem bei Normbedingungen die Ansteuerernergie verändert werden muss, um eine bestimmte Betätigung zu erreichen, ohne dass der Piezoaktor überschwingt, dass die aktuellen Werte der Einflussgrößen bestimmt bzw. erfasst werden, dass für jede Einflussgröße ein dem aktuellen Wert der Einflussgröße entsprechender Korrekturfaktor bestimmt wird, und dass der Norm-Gradient mit den Korrekturfaktoren beaufschlagt wird, so dass ein korrigierter Soll-Gradient bestimmt wird. Dieses Verfahren ist einfach zu realisieren und liefert gute 10 Ergebnisse.

[0011] Die Erfindung betrifft auch Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem der Kraftstoff über eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche mit einem Piezoaktor ausgestattet ist, in einen Brennraum der Brennkraftmaschine gelangt, wobei das Soll-Niveau der Ansteuerernergie, mit der der Piezoaktor zu einer Betätigung angesteuert wird, von einer Mehrzahl von Einflussgrößen abhängt, welche das Betriebsverhalten des Piezoaktors beeinflussen 15

[0012] Um den Piezoaktor genauer ansteuern zu können, wird für ein solches Verfahren vorgeschlagen, dass eine Norm-Ansteuerernergie definiert wird, welche bei Normbedingungen dem Piezoaktor zugeführt werden muss, um eine bestimmte Betätigung zu erreichen, dass die aktuellen Werte der Einflussgrößen bestimmt bzw. erfasst werden, dass für 20 jede Einflussgröße ein dem aktuellen Wert der Einflussgröße entsprechender Korrekturfaktor bestimmt wird, und dass die Norm-Ansteuerernergie mit den Korrekturfaktoren beaufschlagt wird, so dass eine korrigierte Soll-Ansteuerernergie bestimmt wird.

[0013] In Weiterbildung zu den oben aufgeführten Erfindungen wird auch vorgeschlagen, dass eine korrigierte Soll-Ansteuerernergie durch eine Zeitdauer dividiert wird, innerhalb der die korrigierte Ansteuerernergie erreicht werden darf, ohne dass der Piezoaktor überschwingt, und hieraus der korrigierte Soll-Gradient bestimmt wird. Auch dieses Verfahren ist einfach zu realisieren und kann bspw. in einer "intelligenten" Endstufe durchgeführt werden.

[0014] Möglich ist auch, dass mindestens ein Korrekturfaktor mittels einer Kennlinie aus der entsprechenden Einflussgröße bestimmt wird. Eine solche Kennlinie ermöglicht die Berücksichtigung auch nichtlinearer Zusammenhänge zwischen der Einflussgröße und dem Korrekturfaktor. Dies kommt wiederum der Präzision der Kompensation des Einflusses der Einflussgröße und letztlich also der Präzision bei 25 der Einspritzung zu Gute.

[0015] Ferner kann die korrigierte Soll-Ansteuerernergie und/oder der korrigierte Soll-Gradient mittels mindestens einer Korrekturfunktion bestimmt werden. Eine solche Korrekturfunktion kann additive und/oder multiplikative Korrekturfaktoren auf einfache Art und Weise berücksichtigen.

[0016] Eine besonders hohe Genauigkeit bei gleichzeitig großer Rechengeschwindigkeit wird erreicht, wenn die korrigierte Soll-Ansteuerernergie und/oder der korrigierte Soll-Gradient mittels einer Kennlinie und/oder mittels eines mehrdimensionalen Kennfelds bestimmt werden bzw. wird.

[0017] In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ferner vorgeschlagen, dass die Einflussgrößen mindestens zwei aus der folgenden Gruppe umfassen: Tem-

peratur, Alter, Fertigungstoleranz, und Soll-Hub. Bei diesen Einflussgrößen handelt es sich um jene, welche den größten Einfluss auf das Betriebsverhalten des Piezo-Aktors haben. Die Temperatur des Piezo-Aktors kann dabei auf unterschiedliche Art und Weise, bspw. durch einen am Aktor angeordneten Temperatursensor, bspw. aber auch durch die Bestimmung der Temperatur des Zylinderkopfes erfasst werden. Das Alter des Piezo-Aktors kann eine rein zeitliche Komponente ("Lebensalter") und/oder eine von der Anzahl der Betätigungen abhängige Komponente ("Verschleiß") umfassen.

[0018] Die Fertigungstoleranzen können wiederum bspw. aus den Drehmomentunterschieden bestimmt werden, die bei zwei unterschiedlichen Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen, welche kurz hintereinander mit der gleichen Ansteuerenergie und dem gleichen Verlauf der Ansteuerenergie angesteuert werden, an der Kurbelwelle auftreten. Durch die Berücksichtigung des Soll-Hubs wird der Tatsache Rechnung getragen, dass ein Piezo-Aktor je nach Höhe der Ansteuerenergie unterschiedliche Hübe ausführen kann. Bei einem geringeren Soll-Hub kann es jedoch sein, dass die Einflussgrößen quantitativ und qualitativ auf das Betriebsverhalten des Piezo-Aktors einen anderen Einfluss haben als bei einem Vollhub.

[0019] Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, welches zur Durchführung des obigen Verfahrens geeignet ist, wenn es auf einem Computer durchgeführt wird. Dabei wird besonders bevorzugt, wenn das Computerprogramm auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

[0020] Gegenstand der Erfindung ist auch ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Um die Brennkraftmaschine leistungs- und emissionsoptimal betreiben zu können, wird vorgeschlagen, dass das Steuer- und/oder Regelgerät einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm der obigen Art abgespeichert ist.

[0021] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine mit einem Brennraum und mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche einen Piezoaktor (50) umfasst und über welche der Kraftstoff, in den Brennraum (20) gelangt.

[0022] Damit die Brennkraftmaschine leistungs- und emissionsoptimal betrieben werden kann, wird vorgeschlagen, dass sie ein Steuer- und/oder Regelgerät der obigen Art umfasst.

Zeichnung

[0023] Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

[0024] Fig. 1 eine schematische Prinzipdarstellung einer Brennkraftmaschine;

[0025] Fig. 2 eine teilweise geschnittene Darstellung einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der Brennkraftmaschine von Fig. 1;

[0026] Fig. 3 ein Ablaufschema, nach dem die Brennkraftmaschine von Fig. 1 bzw. die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Fig. 2 betrieben wird;

[0027] Fig. 4 ein Diagramm, in dem die Ansteuerenergie und der entsprechende Hub der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Fig. 2 ohne Anwendung des in Fig. 3 dargestellten Verfahrens dargestellt ist; und

[0028] Fig. 5 ein Diagramm ähnlich wie Fig. 4, in dem die Ansteuerenergie und der entsprechende Hub der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Fig. 2 unter Anwendung des in

Fig. 3 dargestellten Verfahrens dargestellt sind.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0029] In Fig. 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie ist in ein Kraftfahrzeug eingebaut und umfasst mehrere Zylinder, von denen in Fig. 1 nur einer dargestellt ist, welcher das Bezugszeichen 12 trägt. In ihm ist ein Kolben 14 aufgenommen, welcher eine Kurbelwelle 16 antreibt. Die Drehzahl der Kurbelwelle 16 wird von einem Drehzahlsensor 18 abgegriffen.

[0030] Einem Brennraum 20 des Zylinders 12 wird Verbrennungsluft über ein Einlassrohr 22 und ein in Fig. 1 nicht dargestelltes Einlassventil zugeführt. Die Verbrennungsabgase werden aus dem Brennraum 20 über ein Abgasrohr 24 abgeführt, welches über ein in Fig. 1 ebenfalls nicht dargestelltes Auslassventil mit dem Brennraum 20 verbunden ist. Kraftstoff wird dem Brennraum 20 über eine als Injektor 26 ausgebildete Kraftstoff-Einspritzvorrichtung direkt eingespritzt. Der Injektor 26 ist mit einem Kraftstoffsystem 28 verbunden, welches in Fig. 1 nur symbolisch dargestellt ist. Es umfasst einen Kraftstoffbehälter, eine Vorförderpumpe, eine Hauptförderpumpe, und eine Kraftstoff-Sammelleitung ("Rail"), in der der Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert ist. Der Injektor 26 ist an die Kraftstoff-Sammelleitung angeschlossen.

[0031] Der sich im Brennraum 20 befindende Kraftstoff wird von einer Zündkerze 30 entzündet. Diese erhält die für eine Zündung notwendige Energie von einem Zündsystem 32. Das Zündsystem 32 wird wiederum von einem Steuer- und Regelgerät 34 angesteuert. Dieses ist ausgangsseitig über eine Endstufe 35 auch mit dem Injektor 26 verbunden und steuert diesen an. Eingangsseitig erhält das Steuer- und Regelgerät 34 Signale von einem Temperatursensor 36, welcher die Temperatur des Injektors 26 erfasst. Ferner ist auch der Drehzahlsensor 18 mit dem Steuer- und Regelgerät 34 verbunden. Ein Stellungsgeber 38, welcher die Stellung eines Gaspedals 40 abgreift, liefert ebenfalls Signale an das Steuer- und Regelgerät 34.

[0032] Der Injektor 26 (vgl. Fig. 2) umfasst einen Ventilkörper 42, an dessen brennraumseitigem Ende mehrere über den Umfang verteilte Auslassöffnungen 44 für den Kraftstoff vorhanden sind. Diese können über eine Ventilnadel 46 mit einem Ringraum 48 verbunden werden, der wiederum mit dem Kraftstoffsystem 28 verbunden ist. Das von den Auslassöffnungen 44 abgewandte Ende der Ventilnadel 46 ist fest mit einem Piezo-Aktor 50 gekoppelt (in einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist auch eine hydraulische Kopplung möglich). Bei diesem handelt es sich um eine schichtartig aufgebaute Säule aus einer Vielzahl von einzelnen Piezoelementen. Das von der Ventilnadel 46 abgewandte Ende des Piezo-Aktors 50 ist mit einem Gehäuse 52 des Injektors verklemt. Der Piezo-Aktor 50 ist über Steuerleitungen 54 mit der Endstufe 35 verbunden. Über diese wird dem Piezo-Aktor 50, in noch darzustellender Art und Weise, die für eine Bewegung des Piezo-Aktors 50 erforderliche Ansteuerenergie zugeführt.

[0033] Die Brennkraftmaschine 10 arbeitet mit Benzindirekteinspritzung, sie kann also sowohl im Schichtbetrieb als auch im Homogenbetrieb arbeiten. Im Schichtbetrieb liegt nur im Bereich der Zündkerze 30 ein zündfähiges Kraftstoffgemisch vor, wohingegen der restliche Teil des Brennraums 20 von Kraftstoff zumindest zunächst weitgehend frei ist. Dies wird dadurch erreicht, dass der Injektor 26 Kraftstoff während eines Kompressionshubs des Kolbens 14 einspritzt. Möglich ist aber auch, dass der Kraftstoff vom Injektor 26 während eines Saughubs des Kolbens 14 eingespritzt wird, was dazu führt, dass der Kraftstoff weitgehend homo-

gen im Brennraum **20** der Brennkraftmaschine **10** verteilt vorliegt. Auch beliebige Kombinationen sind möglich.

[0034] Um eine Einspritzung zu realisieren, wird der Injektor **26** über die Endstufe **35** vom Steuer- und Regelgerät **34** mit einer elektrischen Ansteuerenergie beaufschlagt. Diese führt dazu, dass sich der Piezo-Aktor **50** in Längsrichtung verkürzt. Hierdurch wird die Ventilnadel **46** von ihrem im Bereich der Auslassöffnungen **44** vorhandenen Ventilsitz am Ventilkörper **42** abgehoben, so dass die Auslassöffnungen **44** mit dem Ringraum **48** und letztlich mit dem Kraftstoffsystem **28** verbunden werden. Soll die Einspritzung beendet werden, wird die Beaufschlagung des Piezo-Aktors **50** mit der Ansteuerenergie beendet, so dass dieser wieder seine Ausgangslänge einnimmt und die Ventilnadel **46** an ihrem Ventilsitz in Anlage kommt.

[0035] Die Längenänderung des Piezo-Aktors **50**, welche dieser erfährt, wenn an ihn eine elektrische Spannung angelegt wird, hängt jedoch nicht nur von der Höhe der elektrischen Spannung ab, sondern auch von verschiedenen anderen Größen, welche vom Benutzer der Brennkraftmaschine nicht oder nur schwerlich beeinflusst werden können. Diese Größen beeinflussen also das Betriebsverhalten des Piezo-Aktors **50** und werden daher als "Einflussgrößen" bezeichnet. Eine solche Einflussgröße ist bspw. die Temperatur **T** des Piezo-Aktors **50** (vgl. Fig. 3). Diese wird vom Temperatursensor **36** erfasst und dem Steuer- und Regelgerät **34** übermittelt (alternativ kann die Temperatur auch aus einem Modell ermittelt werden).

[0036] Eine weitere Einflussgröße ist das Alter des Piezo-Aktors **50**. Hierunter wird nicht nur das Lebensalter **t** verstanden, welches bspw. in Tagen, Monaten und/oder Jahren gemessen werden kann, sondern auch die Anzahl **n** der Hübe, welche der Piezo-Aktor **50** im Laufe seines Lebens bereits ausgeführt hat. Das Lebensalter **t** wird von einem im Steuer- und Regelgerät **34** vorhandenen Zeitgeber erfasst. Die Anzahl der Hübe **n** ist im Steuer- und Regelgerät **34** abgelegt und wird bspw. aus der vom Drehzahlsensor **18** abgegriffenen Drehzahl der Kurbelwelle **16** ermittelt. Dabei sei an dieser Stelle erwähnt, dass Alterungseffekte des Piezoaktors auch durch eine sog. Zylindergleichstellungsfunktion und eine Gemischadaption erkannt werden können.

[0037] Eine weitere Einflussgröße ist die Fertigungstoleranz, mit welcher der Piezo-Aktor **50** hergestellt wurde. Auf Grund unterschiedlicher Bedingungen bei der Herstellung des Piezo-Aktors **50** kann es vorkommen, dass bei gleicher Ansteuerenergie und an sich identischen Piezo-Aktoren diese doch unterschiedliche Hübe ausführen. Dies würde dann bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine zu von einem Zylinder zum anderen unterschiedlichen Einspritzmengen führen.

[0038] Dem wird bisher mit einer sog. Zylindergleichstellung begegnet: Bei dieser werden die Beschleunigungen der Kurbelwelle **16** nach der Zündung des Gemisches im entsprechenden Zylinder **12** gemessen. Aus den Abweichungen kann auf unterschiedlich eingespritzte Kraftstoffmengen und unterschiedliche Hübe der einzelnen Piezo-Aktoren **50** bei an sich gleicher Ansteuerenergie geschlossen werden.

[0039] Dies wird – bisher – dadurch kompensiert, dass die Dauer eines der Ansteuerimpulse der einzelnen Piezo-Aktoren **50** angepasst wird, um innerhalb eines Arbeitsspiels der Kurbelwelle **16** einen möglichst gleichförmigen Drehmomentverlauf zu erhalten. Im vorliegenden Fall werden die vom Drehzahlsensor **18** festgestellten Drehungleichförmigkeiten der Kurbelwelle **16** jedoch als Einflussgrößen **dx** in einem Speicher im Steuer- und Regelgerät **34** abgelegt, welche Fertigungstoleranzen der Piezo-Aktoren entsprechen.

[0040] Auch die Höhe des gewünschten Hubes des Piezo-Aktors **50** ist eine Einflussgröße im obigen Sinne. Mögliche

ist z. B., dass nur eine sehr geringe Kraftstoffmenge eingespritzt werden soll. In einem solchen Fall kann es erforderlich sein, die Aufbringung der Ansteuerenergie bereits während des Anstiegs der Ansteuerenergie wieder abzubrechen.

[0041] Auch ein solcher Vorgang beeinflusst das Betriebsverhalten des Injektors des Piezo-Aktors **50**, was als Einflussgröße **dh** im Steuer- und Regelgerät **34** vorliegt.

[0041] Bei den besagten Einflussgrößen handelt es sich vorliegend um aktuelle Werte, welche zeitnah zur geplanten Einspritzung erfasst bzw. bestimmt wurden. Gemäß dem in Fig. 3 dargestellten Verfahren werden aus den oben genannten Einflussfaktoren **T**, **dx** und **dh** über Kennlinien **56**, **58** und **60** Korrekturfaktoren **CF_T**, **CF_dx** und **CF_dh** gebildet. Die Einflussgrößen **t** und **n** werden in einem Kennfeld

[0042] **62** zu einem Korrekturfaktor **CF_nt** verarbeitet. Die Verwendung von Kennlinien **56**, **58** und **60** und des Kennfelds **62** ermöglicht es, auch nichtlineare Zusammenhänge zu berücksichtigen. Die besagten Korrekturfaktoren könnten in ein mehrdimensionales Kennfeld eingespeist werden, welches einen Sollwert **U_SOLL** für die Ansteuerspannung erzeugt. Vorliegend wird jedoch eine Korrekturfunktion **64** verwendet, in welcher die Korrekturfaktoren **CF_t**, **CF_nt**, **CF_dx** und **CF_dh** multiplikativ und/oder additiv verarbeitet und hierdurch die Soll-Ansteuerspannung **U_SOLL** berechnet wird.

[0042] Aus der Soll-Ansteuerspannung **U_SOLL** wird mittels einer Kennlinie **66** ein Soll-Gradient **dU_SOLL** bestimmt. Bei diesem handelt es sich um die Geschwindigkeit, mit der die Ansteuerspannung **U_SOLL** angefahren werden soll. Die Kennlinie **66** ist dabei so gewählt, dass der gewünschte Sollhub schnellstmöglich erreicht wird, ohne dass der Piezo-Aktor **50** in unerwünschter Weise überschwingt.

[0043] Möglich wäre auch, den Gradienten **dU_SOLL** dadurch zu bestimmen, dass die im Kennfeld **64** bestimmte Ansteuerspannung **U_SOLL** durch eine Zeitdauer dividiert wird, innerhalb der die korrigierte Soll-Ansteuerspannung **U_SOLL** erreicht werden darf, ohne dass der Piezo-Aktor **50** überschwingt. Die Korrekturfunktion **64** und die Kennlinie **66** werden auch als "zentrale Ansteuerfunktion" bezeichnet, bei welcher zentral mehrere Einflussgrößen bei der Bestimmung der Soll-Ansteuerenergie für den Piezo-Aktor **50** berücksichtigt werden.

[0043] Die Sollspannung **U_SOLL** und der Soll-Gradient **dU_SOLL** werden nun über eine Schnittstelle **68** in Form eines Ansteuersignals **70** an die Endstufe **35** übermittelt. Ein Taktmodul **72** triggert entsprechend der vom Stellungsgeber **38** abgegriffenen Stellung des Gaspedals **40** das Ansteuersignal **70** in der Endstufe **35**, so dass die dem gewünschten Soll-Drehmoment entsprechende Einspritzdauer am Injektor **26** generiert wird. Das Triggersignal ist rechteckig und trägt in Fig. 3 das Bezugszeichen **74**. Aus dem Ansteuersignal **70** und dem Triggersignal **74** wird in der Endstufe **35** die eigentliche Steuerspannung **U** generiert, welche mit einem Gradienten **dU/dt** ansteigt und abfällt. Dieses Signal trägt in Fig. 3 das Bezugszeichen **76**.

[0044] Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass alternativ auch eine "intelligente" Endstufe verwendet werden kann, in die die zentrale Ansteuerfunktion integriert ist.

[0045] Die Wirkung des in Fig. 3 dargestellten Verfahrens ist aus den Fig. 4 und 5 ersichtlich. Dabei ist zunächst in Fig. 4 der Verlauf des Hubs **h** des Piezo-Aktors **50** und der Verlauf der Ansteuerspannung **U** ersichtlich, wenn die Einflussgrößen **T**, **dx**, **dh** und **t** bzw. **n** nicht berücksichtigt werden. In diesem Fall wird von der Endstufe **35** eine Norm-Ansteuerspannung **U_NORM** abgegeben, welche unter Normbedingungen zu einem Hub **h_NORM** führen würde. Auf Grund der besagten Einflussgrößen **T**, **t**, **n**, **dx** und **dh**

liegen im realen Betrieb jedoch keine Normbedingungen vor. Der tatsächlich am Piezo-Aktor 50 erzeugte Hub $h_{_IST}$ ist daher kleiner als der Normhub $h_{_NORM}$. Dabei ist der Hubgradient dh/dt kleiner als an sich zulässig wäre, ohne dass der Piezo-Aktor 50 überschwingt.

[0046] Wenn das in **Fig. 3** dargestellte Verfahren angewendet wird, liegt die tatsächliche Ansteuerspannung U_2 oberhalb der Norm-Ansteuerspannung $U_{_NORM}$. Entsprechend ist der Spannungsgradient dU_2/dt größer als der Normgradient $dU_{_NORM}/dt$. Bei optimal arbeitender Endstufe 35 ist der Gradient dU_2/dt gleich $dU_{_SOLL}$. Durch die Korrekturen in den Verfahrensblöcken 64 und 66 ist nun der tatsächliche am Piezo-Aktor 50 erzeugte Hub $h_{_IST}$ gleich dem gewünschten Normhub $h_{_NORM}$. Dabei wird die maximal mögliche Hubgeschwindigkeit $dh_{_NORM}/dt$ ausgenutzt, bei welcher der Piezo-Aktor 50 gerade noch nicht in unerwünschtem Maße überschwingt. Durch die Anwendung des in **Fig. 3** dargestellten Verfahrens wird somit über die gesamte Lebensdauer des Piezo-Aktors 50 eine gleichbleibend optimale Ansteuerung des Piezo-Aktors 50 ermöglicht.

[0047] Es sei darauf hingewiesen, dass das obige Verfahren auch bei Saugrohreinspritzung und bei Diesel-Brennkraftmaschinen eingesetzt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), bei dem der Kraftstoff über eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (26), welche mit einem Piezoaktor (50) ausgestattet ist, in einen Brennraum (20) der Brennkraftmaschine (10) gelangt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Gradient ($dU_{_SOLL}$) der Ansteuerenergie (U), mit der der Piezoaktor (50) zu einer Betätigung angesteuert wird, von einer Mehrzahl von Einflussgrößen (T, t, n, dx, dh) abhängt, welche das Betriebsverhalten des Piezoaktors (50) beeinflussen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aktuellen Werte der Einflussgrößen (T, t, n, dx, dh) zur Erzeugung eines korrigierten Soll-Gradienten ($dU_{_SOLL}$) für den Anstieg der Ansteuerenergie (U) verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Norm-Gradient definiert wird, nach dem bei Normbedingungen die Ansteuerenergie verändert werden muss, um eine bestimmte Betätigung zu erreichen, ohne dass der Piezoaktor überschwingt, dass die aktuellen Werte der Einflussgrößen erfasst bzw. bestimmt werden, dass für jede Einflussgröße ein dem aktuellen Wert der Einflussgröße entsprechender Korrekturfaktor bestimmt wird, und dass der Normgradient mit den Korrekturfaktoren beaufschlagt wird, so dass ein korrigierter Soll-Gradient bestimmt wird.
4. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), bei dem der Kraftstoff über eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (26), welche mit einem Piezoaktor (50) ausgestattet ist, in einen Brennraum (20) der Brennkraftmaschine (10) gelangt, wobei das Soll-Niveau ($U_{_SOLL}$) der Ansteuerenergie (U), mit der der Piezoaktor (50) zu einer Betätigung angesteuert wird, von einer Mehrzahl von Einflussgrößen (T, t, n, dx, dh) abhängt, welche das Betriebsverhalten des Piezoaktors (50) beeinflussen, dadurch gekennzeichnet, dass eine Norm-Ansteuerenergie ($U_{_NORM}$) definiert wird, welche bei Normbedingungen dem Piezoaktor (50) zugeführt werden muss, um eine bestimmte Betätigung ($h_{_NORM}$) zu erreichen, dass die aktuellen Werte der Einflussgrößen (T, t, n, dx, dh) bestimmt bzw. erfasst

werden, dass für jede Einflussgröße (T, t, n, dx, dh) ein dem aktuellen Wert der Einflussgröße (T, t, n, dx, dh) entsprechender Korrekturfaktor ($CF_T, CF_{nt}, CF_{dx}, CF_{dh}$) bestimmt wird, und dass die Norm-Ansteuerenergie ($U_{_NORM}$) mit den Korrekturfaktoren ($CF_T, CF_{nt}, CF_{dx}, CF_{dh}$) beaufschlagt wird, so dass eine korrigierte Soll-Ansteuerenergie ($U_{_SOLL}$) bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4 in Verbindung mit einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine korrigierte Soll-Ansteuerenergie ($U_{_SOLL}$) durch eine Zeitdauer (dt) dividiert wird, innerhalb der die korrigierte Soll-Ansteuerenergie ($U_{_SOLL}$) erreicht werden darf, ohne dass der Piezoaktor (50) überschwingt, und hieraus der korrigierte Soll-Gradient ($dU_{_SOLL}$) bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Korrekturfaktor CF_T, CF_{dx}, CF_{dh} mittels einer Kennlinie (56, 58, 60) aus der entsprechenden Einflussgröße (T, dx, dh) bestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die korrigierte Soll-Ansteuerenergie ($U_{_SOLL}$) und/oder der korrigierte Soll-Gradient mittels mindestens einer Korrekturfunktion (64) bestimmt werden/wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die korrigierte Soll-Ansteuerenergie und/oder der korrigierte Soll-Gradient ($dU_{_SOLL}$) mittels einer Kennlinie (66) und/oder mittels eines mehrdimensionalen Kennfelds bestimmt werden/wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einflussgrößen (T, t, n, dx, dh) mindestens zwei aus der folgenden Gruppe umfassen: Temperatur (T), Alter (t, n), Fertigungstoleranz (dx), und Soll-Hub (dh).

10. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird.

11. Computerprogramm nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass es auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

12. Steuer- und/oder Regelgerät (34) zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass es einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm nach einem der Ansprüche 10 oder 11 abgespeichert ist.

13. Brennkraftmaschine (10), mit einem Brennraum (20) und mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (26), welche einen Piezoaktor (50) umfasst und über welche der Kraftstoff in den Brennraum (20) gelangt, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Steuer- und/oder Regelgerät (34) nach Anspruch 12 umfasst.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

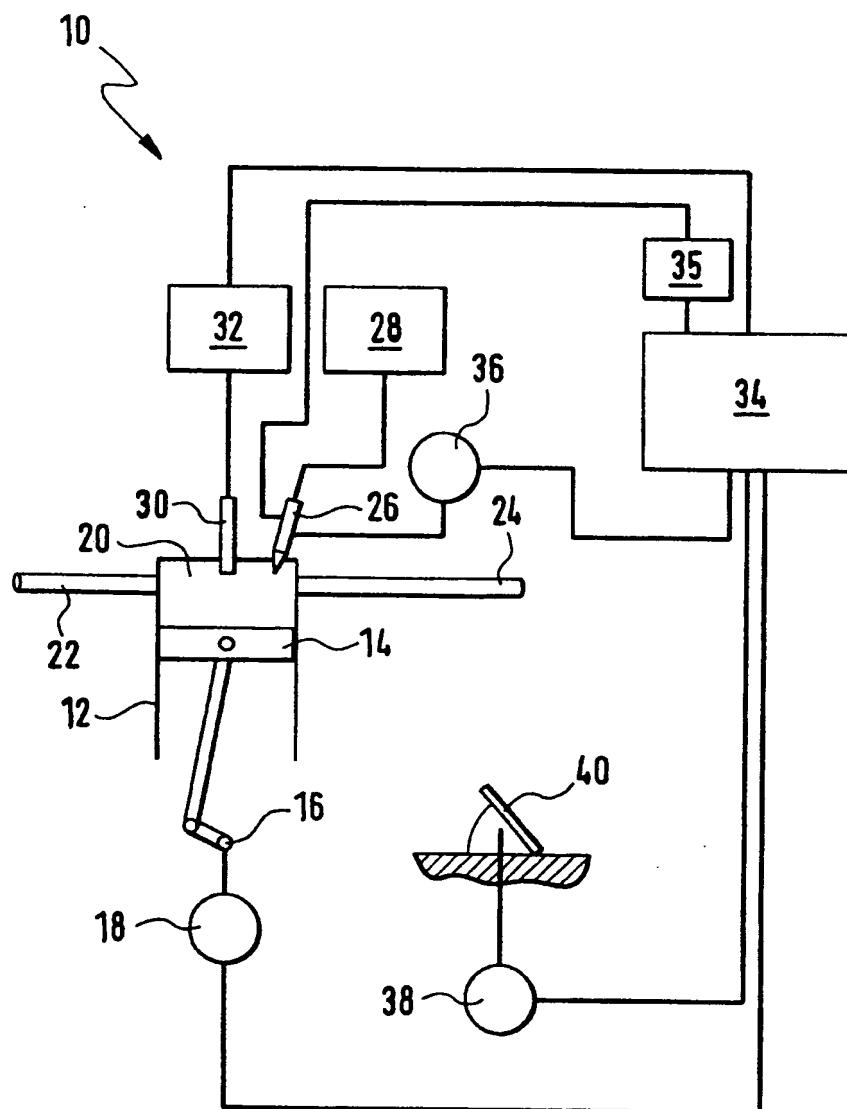


Fig. 1

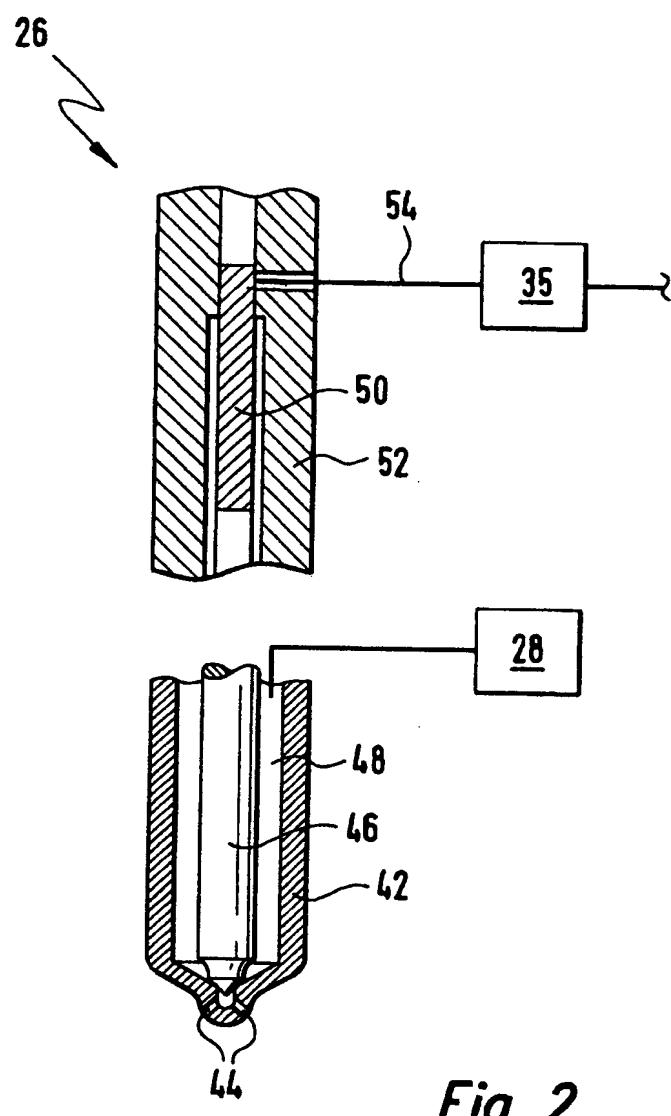


Fig. 2

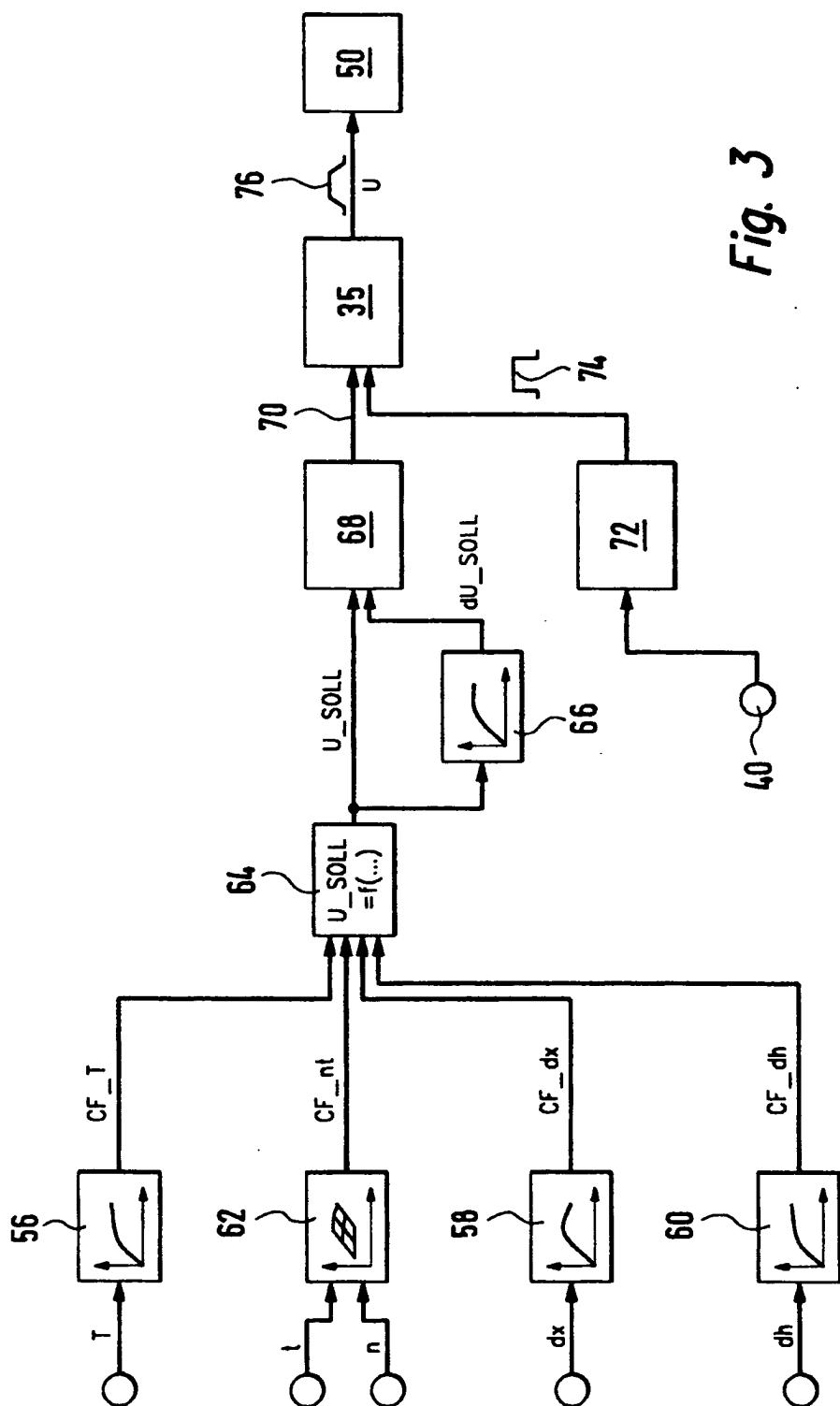


Fig. 3

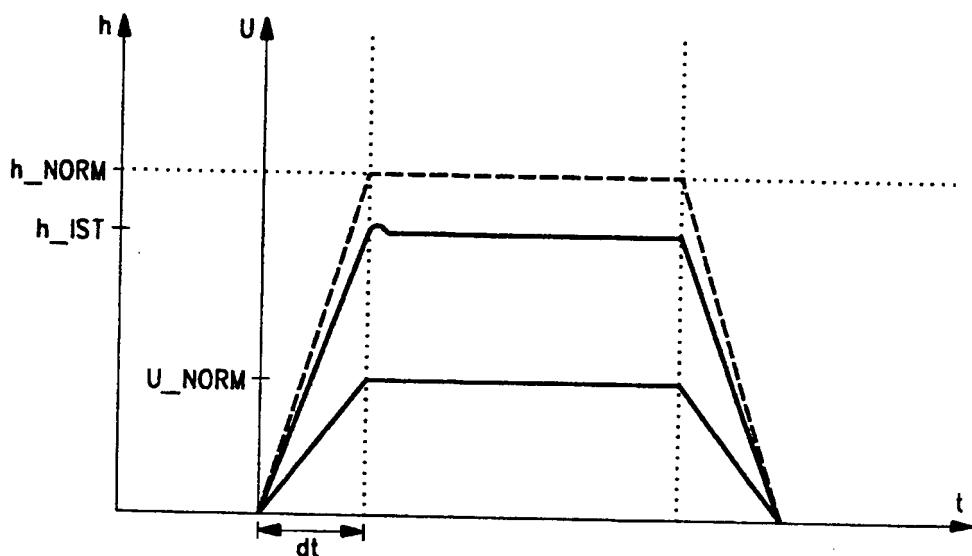


Fig. 4

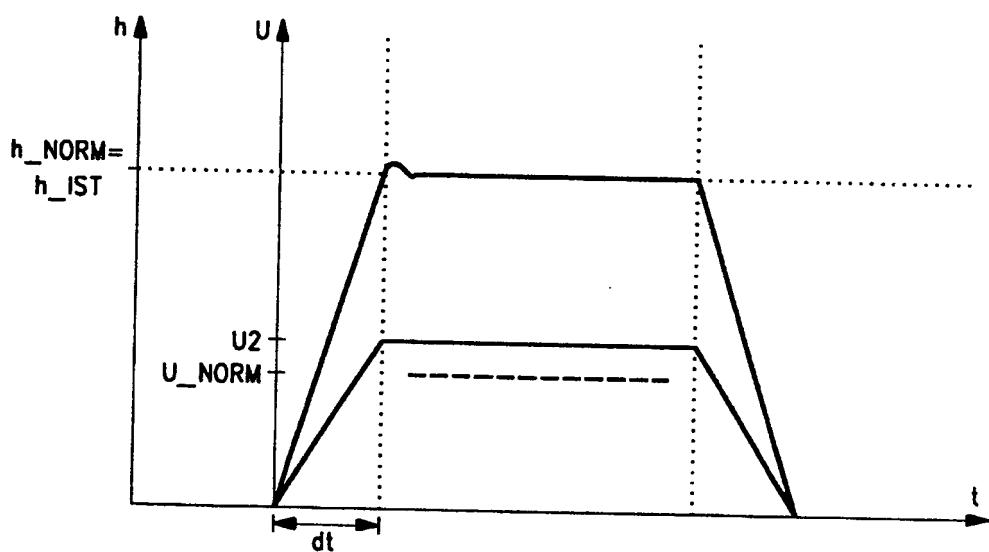


Fig. 5

Internal combustion engine and method, computer program and control apparatus for operating the internal combustion engine

Publication number: DE10148217

Publication date: 2003-04-24

Inventor: JOOS KLAUS (DE); WOLBER JENS (DE); FRENZ THOMAS (DE); AMLER MARKUS (DE)

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- **international:** F02D41/20; F02D41/38; F02M51/06; F02M63/00; F02D41/20; F02D41/38; F02M51/06; F02M63/00; (IPC1-7): F02D41/20; F02M51/06

- **europen:** F02D41/20P; F02D41/38C2; F02M51/06A

Application number: DE20011048217 20010928

Priority number(s): DE20011048217 20010928

Also published as:

US6973919 (B2)

US2003062027 (A)

JP2003120384 (A)

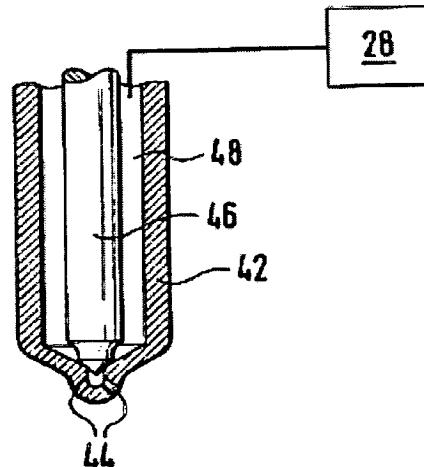
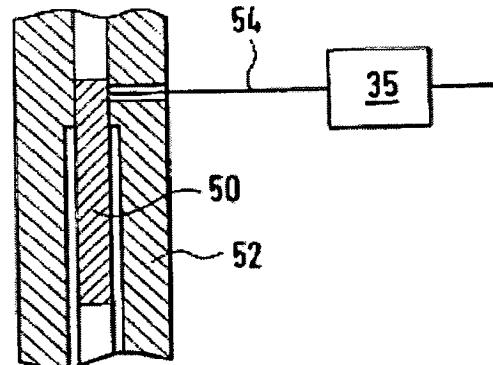
[Report a data error](#)

Abstract not available for DE10148217

Abstract of corresponding document: **US2003062027**

In an internal combustion engine, the fuel reaches the combustion chamber of the engine via a fuel-injection device which includes a piezo actuator (50). In order to be able to optimally inject the fuel, it is suggested that the desired level (U_{DES}) of the drive energy (U) and/or the desired gradient (dU_{DES}) of the drive energy (U), with which the piezo actuator (50) is driven, is dependent upon a plurality of influence quantities (T, t, n, dx, dh) which influence the operating behavior of the piezo actuator (50).

26



THIS PAGE BLANK (USPTO)

US6973919**Publication number:**

US6973919

Also published as:**Publication date:** Dec. 13, 2005 US2003062027 (A)
 JP2003120384 (A)
 DE10148217 (C1)**Inventor:** Joos, et al.**Applicant:****Classification:**

- international:

- european:

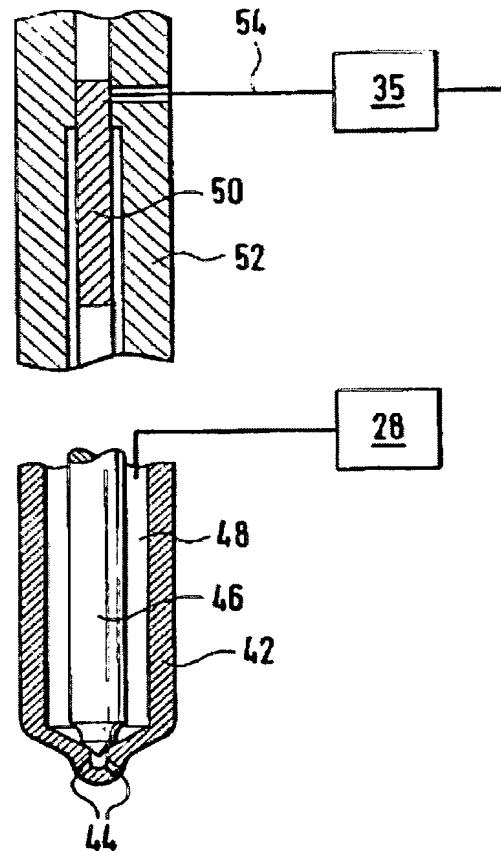
Application number:**Priority number(s):**[Report a data error](#) [Help](#)

Abstract not available for US6973919

Abstract of corresponding document: **US2003062027**

In an internal combustion engine, the fuel reaches the combustion chamber of the engine via a fuel-injection device which includes a piezo actuator (50). In order to be able to optimally inject the fuel, it is suggested that the desired level (U_{DES}) of the drive energy (U) and/or the desired gradient (dU_{DES}) of the drive energy (U), with which the piezo actuator (50) is driven, is dependent upon a plurality of influence quantities (T, t, n, dx, dh) which influence the operating behavior of the piezo actuator (50).

26

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Docket # 2003 P17900

Applic. # _____

Applicant: Augestky

Applicant: Jerny

Lerner Greenberg Stern LLP
Post Office Box 2480

Post Office Box 2100
Hollywood, FL 33022-2480